

**Cleberton Correia Santos  
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias 3**

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103095</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103096</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 70**

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima  
Júlio Cezar de Souza  
Francisco Wilson Hollanda Vidal

**DOI 10.22533/at.ed.71619103097**

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga  
Joeci Ricardo Godoi  
Viviane Furtado Velho  
Letícia Flohr

**DOI 10.22533/at.ed.71619103098**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima  
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas  
Elaine Cristina Lopes Pereira  
Lucas Furtado Loesh  
Fernanda A. Sampaio da Silva  
Heleno Souza da Silva  
Renata Antoum Simão  
José Adilson de Castro  
Gláucio Soares Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.71619103099**

**CAPÍTULO 10 ..... 102**

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar  
Ronnie Von Dos Santos Veloso  
Luis Fernando Santis Espinosa  
Lilian de Araújo Pantoja  
Alexandre Soares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.716191030910**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CAPTURE DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves  
Paulo Fernando de Almeida  
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella  
Ana Maria Álvares Tavares da Mata

**DOI 10.22533/at.ed.716191030911**

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

CARBETO DE BORO (B<sub>4</sub>C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos  
Denise Dantas Muniz  
Eliandro Pereira Teles  
Danielle Guedes de Lima Cavalcante  
Ricardo Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 141**

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa  
Waldeir dos Santos Pereira  
Mayara Barbosa Lima  
Juliane da Silva Sampaio  
Ana Caroline da Silva Macambira  
Letícia Victória Santos Matias  
Duany Thainara Corrêa da Silva  
Natan Barbosa Almada  
Rogério Favacho da Cruz  
Jéssica Aline Godinho da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo  
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

**DOI 10.22533/at.ed.716191030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber  
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira  
Sabrina Grando Cordeiro  
Eniz Conceição Oliveira  
Eduardo Miranda Ethur  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.716191030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 175**

ESPAÇO ARTE\_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus  
Lucas Pereira Elias  
Marcos Henrique de Moraes Golinelli  
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

**DOI 10.22533/at.ed.716191030916**



<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>188</b>
ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA	
Deborah Godoy Martins Corrêa	
Tiago de Oliveira	
Denise Stringhini	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030917</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>201</b>
ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA	
Carlos Vinícius Machado Miranda	
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral	
Luely Oliveira da Silva	
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon	
Marivaldo José Costa Corrêa	
Eloisa Helena de Aguiar Andrade	
Manoel Leão Lopes Junior	
Lourivaldo Silva Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030918</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>209</b>
ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL	
Weverton Pereira do Sacramento	
Maria de Lourdes de Oliveira	
Luana Leite Ferreira	
Robson Wotikowski Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030919</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>218</b>
EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL	
Leila Pessôa Da Costa	
Sandra Regina D'Antonio Verrengia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030920</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>226</b>
GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA	
Gersica Agripino Alencar	
Rafael Santos Barbosa	
Ricardo André Cavalcante de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>239</b>
GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL	
Wendy Díaz Valdés	
Lígia Laís Fêmina	
Gisele Andrade Lemos	
Jorge Vicente Barbosa Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030922</b>	

**CAPÍTULO 23 ..... 246**

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos  
Douglas Santos Silva  
Igor dos Santos Gomes  
Maurício Maia Ribeiro  
Roberto Tetsuo Fujiyama

**DOI 10.22533/at.ed.716191030923**

**CAPÍTULO 24 ..... 263**

*MAGONIA PUBESCENS* A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva  
Amanda Ribeiro Correa  
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes  
Rosiane Alexandre Pena Guimarães  
Monica Franco Nunes  
Dielle Carmo de Carvalho Neres  
Elisangela Clarete Camili  
Carla Spiller

**DOI 10.22533/at.ed.716191030924**

**CAPÍTULO 25 ..... 270**

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca  
Leandro Teles Antunes dos Santos  
Patrícia Milagre de Freitas  
Dayane Andrade Queiroz

**DOI 10.22533/at.ed.716191030925**

**CAPÍTULO 26 ..... 279**

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon  
Luziana Quadros da Rosa  
Robson Santos da Silva  
Felipe de Matos Müller  
Márcio Vieira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.716191030926**

**CAPÍTULO 27 ..... 294**

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa  
Edilson Pontarolo

**DOI 10.22533/at.ed.716191030927**

**CAPÍTULO 28 ..... 304**

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas  
Vicente de Paulo Silva  
Adilson Gandu

**DOI 10.22533/at.ed.716191030928**

<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>313</b>
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz Rubia Diana Mantai	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030929</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>326</b>
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias Francisco da Conceição Silva Wellington Luis Mineiro França	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030930</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>332</b>
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Gerusa Leindeker da Silva Jenifer Cassandra da Silva Oliveira Bruno Ferreira da Luz Tamires Bon Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030931</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>342</b>
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva Marco Antônio Castro Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030932</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>349</b>
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Cristiana Nunes Rodrigues Carlos Victor Lamarão Maria Aparecida Silva Furtado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>358</b>
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza Daiane de Oliveira Portella Miriam Rodrigues Silvestre Lúcia Martins Barbatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030934</b>	

<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>368</b>
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030935</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>378</b>
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCASIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030936</b>	
<b>CAPÍTULO 37</b> .....	<b>388</b>
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030937</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>401</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>402</b>

## RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO

### **Hiasmim Rohem Gualberto**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -  
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ  
Nova Friburgo - RJ

### **Iury Almeida Moraes**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -  
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ  
Nova Friburgo - RJ

### **Mônica Calixto de Andrade**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -  
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ  
Nova Friburgo - RJ

### **Edgard Poiate Junior**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro -  
UERJ, Instituto Politécnico - IPRJ  
Nova Friburgo - RJ

### **Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva**

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ,  
Instituto de Química – IQ  
Rio de Janeiro - RJ

### **Isis Andrea Venturini Pola Poiate**

Universidade Federal Fluminense - UFF, Instituto  
de Saúde de Nova Friburgo - ISNF  
Nova Friburgo - RJ

**RESUMO:** Vitrocerâmicas foram produzidas a partir de pó de vidro reciclado de para-brisas, visando reduzir a retirada de recursos naturais, o gasto de energia para a produção do material amorfo, e agregar valor ao material descartado.

O pó de vidro foi conformado com prensagem uniaxial e sinterizado nas temperaturas de 800, 850 e 900 °C. Foi utilizado óxido de nióbio como agente nucleante a fim de facilitar o processo de cristalização, sendo adotada a concentração de 15% de óxido de nióbio na mistura com o pó de vidro. Pela difração de raios X evidenciou-se a presença de cristais em todas as temperaturas adotadas na sinterização. Percebeu-se queda na densidade e na resistência à flexão biaxial (21,38 MPa em 800 °C) com o aumento da temperatura de sinterização. Quanto a microdureza Knoop, foi de 353,78 a 382,04 HKn, apesar da redução da densidade tornar o material mais poroso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vitrocerâmica, Óxido de Nióbio, Reciclagem, Resistência à Flexão Biaxial, microdureza Knoop

### RECYCLING OF WINDSCREEN GLASS FOR GLASS-CERAMIC PRODUCTION COM 15% NIOBIUM OXIDE

**ABSTRACT:** Glass-ceramics were produced from recycled glass powder of windshields, aiming to reduce the withdrawal of natural resources, energy expenditure for the production of amorphous material, and add value to the discarded material. The glass powder was formed with uniaxial and sintered pressing at

temperatures of 800, 850 and 900 ° C. niobium oxide was used as a nucleating agent to facilitate the crystallization process, the concentration being adopted of 15 % of niobium oxide in the mixture with the glass powder. X-ray diffraction revealed the presence of crystals at all sintering temperatures. It was noticed decrease in density and in biaxial flexure strength (21.38 MPa at 800 °C) with increasing sintering temperature. As for Knoop microhardness, it was from 353.78 to 382.04 HKn, although the reduction in density made the material more porous.

**KEYWORDS:** Glass-ceramic, Niobium Oxide, Recycling, Biaxial Flexural Strength, Knoop Microhardness

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos quatro maiores produtores de veículos no mundo, possuindo uma frota de 43,3 milhões de veículos em 2017, segundo informações da Sindpeças (O Globo, 2018). Neste cenário, um ponto importante é que o tempo de vida de um veículo gira entorno de 8 a 15 anos (Mayyas, 2016). Essa tendência de consumo, gera um grande número de resíduos com o fim da vida do veículo, destacando se como um problema ambiental. Mundialmente, os veículos em fim de vida, ELV (End-of-Life Vehicle), correspondem a aproximadamente 40 milhões de unidades por ano. A previsão é que esse número aumente em no futuro próximo, pois a taxa anual de venda de veículos novos é crescente (Mayyas, 2016).

Prevendo problemas eminentes, alguns países, adotaram regulamentos e diretrizes relativas aos ELV. Essas diretrizes sugerem o aumento de material de ELV reciclado, incentivam novos projetos que permitam aumentar a reciclagem do veículo (Castro, 2012). No Brasil a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), adota a responsabilidade compartilhada dos resíduos com todos os envolvidos no processo de produção, venda e consumo. Ela se preocupa em desenvolver uma logística reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo. Prevê a adoção de um sistema de reciclagem não só para o setor automobilístico, como também para toda indústria de bens e consumo (LEI Nº 12.305, 2010).

Sabendo que carro pesa em média 1000 Kg, e que 3% do seu peso é vidro (Castro, 2012), tem-se entorno de 30 Kg de vidro por carro. Analisando o tamanho da frota mundial, o tempo de vida do veículo e considerando ainda que para-brisas e janelas são trocados ao longo do uso do automóvel, percebe-se que há uma quantidade expressiva de vidro que pode ser reaproveitada.

A reciclagem do para-brisa é uma forma de agregar valores em um produto descartado. Os silicatos, que são a base dos vidros, podem ser adequados para a produção de outros tipos de vidros, de matéria-prima para as cerâmicas de revestimento, como ajulezos, ladrinhos, loucas e vitrocerâmicas (Lu, 2016; Collini & Carfagni, 2014).

Assim, esse trabalho busca produzir vitrocerâmicas a partir de vidro de

para-brisa. Tal material é um sólido cristalino, com baixo coeficiente de expansão térmica, que pode gerar peças com geometria complexa e ainda ter resistência mecânica superior a do vidro de origem (Wang, 2017). A sua gama de aplicações, inclui a fabricação de ossos e dentes artificiais, pisos de luxo, painéis transparentes resistentes ao choque térmico e cooktops (Zanotto, 2010). Com isso, a partir de um pó de vidro economiza-se na produção de vitrocerâmicas, obtém-se um material com ampla aplicação, com menos gastos de recursos minerais e de energia para a fundição dos minerais para a obtenção do vidro.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Produção das vitrocerâmicas

O pó de vidro usado para produzir as vitrocerâmicas foi obtido a partir de um para-brisa obsoleto, que foi moído em um moinho de bolas de alumina e teve suas partes separadas. Antes de ser colocado no moinho de bolas para ser moído, o para-brisa foi dividido em pedaços menores. Uma determinada quantidade de pedaços de para-brisa (próximo a 1500 g) foi pesada e depositada dentro do recipiente do moinho de bolas, em uma quantidade tal, que ocupasse um terço do volume total disponível no cilindro. Por último foram adicionados os corpos moedores esféricos, de alumina, com três diâmetros diferentes. A moagem foi realizada a seco durante um período de 24 h.

Ao final desse período, o material foi peneirado para remoção do vidro não moído e do PVB (polivinilbutiral). O pó obtido passou em uma peneira granulométrica de 65 Mesh (Bertel, Brasil), para ajustar o tamanho das partículas.

Para este estudo foi adicionado 15% de óxido de nióbio ao pó de vidro. Os corpos-de-prova (CP) foram conformados com 10% p/p de água. Para produzir um CP foi compactado 3 g de pó, em uma matriz metálica circular, com diâmetro de 24,03 mm. Foram aplicados 25,77 MPa na matriz metálica, em uma prensa uniaxial, durante um minuto (P10 ST 10 ton, Bovenau, Brazil). Foi usado desmoldante de silicone para facilitar a retirada dos CPs (Carbografite, Brasil). As peças conformadas foram secas em estufa (400/3ND, Nova Ética, Brazil) na temperatura de 110 °C durante uma hora. Após esse processo elas foram sinterizadas em forno de mufla (N1100, Fornitec, Brasil), durante três horas na temperatura de sinterização, com taxa de aquecimento de 5 °C/min. As temperaturas de sinterização adotadas foram 800, 850 e 900 °C.

### 2.2 Caracterização

A fluorescência de raios-X foi realizada no pó de vidro obtido do para-brisa moído e peneirado. Esta análise foi realizada utilizando o Espectrômetro de Fluorescência



de Raios-X, S8 Tiger Spectrometer, Bruker X-ray, United States. As análises termogravimétricas foram em ar, com taxa de aquecimento de 5 °C/min, entre 30 a 900 °C e com pedaço de peça conformada, sobre pó de alumina (Simultaneous Thermal Analyser STA 6000, PerkinElmer, Estados Unidos)

A difração de raios X foi realizada em uma peça sinterizada, quebrada e moída de cada grupo (Bruker-D8 Endeavor, Estados Unidos). Foi adotado o método do pó, radiação CuK $\alpha$  (40 kV/40 mA), velocidade do goniômetro de 0,02° 2 $\theta$  por passo, com tempo de contagem de 0,5 segundos por passo, sendo coletados de 4 a 80° 2 $\theta$ , com detector sensível à posição (LynxEye, Inglaterra). As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software Bruker Diffrac Plus (Estados Unidos).

Os ensaios de micro dureza Knoop foram realizados de acordo com a norma técnica ASTM C1326 (2013) (Wilson Tukon 1102, Buehler, Estados Unidos). Para visualizar a indentação do microduremetro, os CPs foram lixados e polidos por meio de uma lixadeira e politriz (Panambra, Brasil). Foram usadas lixas d'água das seguintes granulometrias: 220, 320, 500, 600 e 1200, nesta ordem. Após lixados os corpos de prova foram polidos com pasta de diamante de 1  $m\mu$  e o lubrificante (Arotec, Brasil). Esse processo foi dividido em seis etapas, em que cada etapa o corpo de prova era polido em uma direção por 2 minutos e ao termino desse tempo a peça era rotacionada em 90 °.

A carga utilizada no microduremetro foi de 500 gf para todos os corpos de prova. Com isso, a microdureza Knoop ( $HK_n$ ) foi determinada segundo a Eq. (1). Em que  $P$  é a carga utilizada para as indentações e  $d$  é a medida da maior diagonal da marcação.

$$HK_n = 14,299 \cdot \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Foi realizado o ensaio em três corpos de prova na mesma temperatura de sinterização. E em cada CP foram feitas, no mínimo seis indentações. Foram geradas médias das seis melhores indentações, das quais foram determinadas as médias finais por temperatura de sinterização.

Os CPs passaram por uma preparação antes da realização dos ensaios necessários para obtenção dos valores da densidade de massa aparente e do volume aparente. Inicialmente os CPs foram colocados em estufa a 150 °C, durante oito horas, com o intuito de remover a água e assim chegar ao valor da massa seca ( $m_s$ ).

Já para verificar o valor da massa úmida e imersa, os corpos de prova foram submersos em água e após a ebulição, permaneceram por duas horas. As peças ficaram por mais vinte e quatro horas submersas na água após a remoção da fonte



de calor. Para medir a massa imersa, a amostra úmida foi colocada após zerar o peso de uma cestinha de alumínio, suspensa em um suporte e submersa em água destilada. Com isso, o valor da massa imersa ( $m_i$ ) pôde ser aferido.

Para medir a massa úmida ou saturada ( $m_u$ ), o excesso de água da superfície da peça foi retirado com papel toalha. Conhecendo os valores de  $m_u, m_i$ , e massa específica do líquido ( $m_e$ ), pela Eq. (2) calcula-se o volume aparente ( $v_a$ ). Com o volume aparente e a massa seca, foi feito o cálculo da densidade de massa aparente através da Eq. (3). É importante ressaltar que para a realização de todo o processo, a norma ABNT NBR 16661 (2017) foi seguida e o valor da massa específica da água ( $m_e$ ) foi de 1,00 g/cm<sup>3</sup>.

$$v_a = \frac{m_u - m_i}{m_{e\_liquido}} \quad (2)$$

$$d_{ma} = \frac{m_s}{v_a} \quad (3)$$

Também foram determinadas a porosidade aparente ( $p_a$ ) e a absorção de água ( $a$ ), Eq. (4) e Eq. (5), respectivamente, pela mesma norma.

$$p_a = \left( \frac{m_u - m_s}{m_{e\_liquido} \cdot v_a} \right) 100\% \quad (4)$$

$$a = \left( \frac{m_u - m_s}{m_s} \right) 100\% \quad (5)$$

Para análise da retração linear foi avaliada a variação de diâmetro da peça após sinterização. Com o uso da Eq. (6), e os valores do diâmetro inicial ( $C_i$ ) e diâmetro final (após sinterização) ( $C_f$ ), foi feito o cálculo da retração linear em função do diâmetro da peça.

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i} 100\% \quad (6)$$

Com o intuito de obter maior precisão foram coletadas três medições com um paquímetro. Desses resultados, foi feita uma média para cada amostra, tanto da espessura quanto do diâmetro. Realizou-se esse procedimento após a sinterização para alcançar o valor do diâmetro final da peça, já para o diâmetro inicial, este foi considerado igual ao diâmetro da matriz.

O ensaio de resistência à flexão biaxial foi realizado seguindo a norma 1499-

05 - *Standard Test Method for Monotonic Equibiaxial Flexural Strength of Advanced Ceramics at Ambient Temperature* (ASTM, 2005). Nesse ensaio, a carga é aplicada por um anel no centro da peça uniaxialmente. Um pedaço de fita adesiva foi usado para segurar os fragmentos da peça unidos após a fratura. Tal ensaio foi conduzido em uma máquina de ensaios mecânicos universal (AGX-Plus, Shimadzu, Japão).

A tensão biaxial máxima suportada pelo material,  $\sigma_f$ , é obtida pela Eq. 7, em que  $D_s$  é a média entre os diâmetros interno e externo do maior anel, de aplicação da carga,  $D_i$  é a média entre os diâmetros interno e externo do anel de apoio do corpo de prova (menor anel). Já  $D$  é a média de três medidas do diâmetro e  $h$  é a média de três medidas da espessura do corpo de prova ensaiado. Todas essas dimensões são em milímetros.  $F$  é a força máxima que o material suportou, dada em Newtons e  $\nu$  é o coeficiente de Poisson de vitrocerâmica de 0,2.

$$\sigma_f = \frac{3F}{2\pi h^2} \left[ (1 - \nu) \cdot \frac{D_s^2 - D_i^2}{D^2} + (1 - \nu) \ln \left( \frac{D_s}{D_i} \right) \right] \quad (7)$$

$D_s$  e  $D_i$  foram de 12 mm e 5 mm, respectivamente, que são as dimensões do aparato compatíveis com as vitrocerâmicas produzidas. Além disso, a taxa de deslocamento adotada foi de 0,5 mm/min, valor que rompesse o corpo de prova entre 10 a 15 segundos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da técnica de fluorescência de raios X, foi identificada a composição e a concentração do pó de vidro do para-brisa, obtido através da moagem. Tal resultado é apresentado na Tabela 1. Percebe-se, que a maior parte do pó de vidro é composta por óxido de silício, correspondendo a mais de 80% em peso do pó. Também há a presença de Na<sub>2</sub>O e CaO que juntos representam mais de 16% em peso do pó de vidro. Além desses, há uma pequena parcela de MgO e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. A composição e a concentração desses óxidos influenciam as propriedades das vitrocerâmicas produzidas (Mukherjee & Das, 2014).

Composição	Si <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Concentração (p/p)	80,10%	8,86%	7,97%	2,34%	0,75%

Tabela 1 - Composição e concentração do pó de vidro puro.

A análise termodiferencial, DTA, e análise termogravimétrica, TG, da mistura pó de vidro com 15% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10% de água são apresentadas na Figura 1. Observa-se que ocorreu pouca perda de massa total, 1,90%. Apesar da curva da TG apresentar

algumas inflexões, os fenômenos envolvem muito pouca perda de massa e a maior perda de massa ocorre em até aproximadamente 200 °C, com 1,58 %. Essa perda de massa pode está relacionada com a eliminação de água presente na mistura. Os 0,32% restante de perda de massa ocorreu entre 400 e 600 °C, podendo ser a liberação de água aprisionada nos poros dos pós (Lu, 2018). Já o ganho de massa em 600 °C pode estar relacionado a reação no estado sólido. A adição do óxido de nióbio como agente nucleante favoreceu a formação de cristais, com reação no estado sólido, formando o niobato de sódio nas três temperaturas de queima das peças produzidas. As temperaturas de queima utilizadas para promover o fluxo viscoso nas peças conformadas são maiores que a temperatura de 500 °C, utilizada por Azevedo (2010) para a síntese de niobato de sódio por reação no estado sólido de dióxido de nióbio e hidróxido de sódio.

Na análise termodiferencial, DTA, observa-se um evento, entre 700 e 800 °C, o que pode indicar a transição vítrea em aproximadamente 750 °C. Assim, as temperaturas de sinterização foram baseadas neste evento, usando 800 °C, 850 °C e 900 °C.

A Figura 2 apresenta o difratograma de raios X das peças obtidas com pó de vidro de para-brisa e 15% de óxido de nióbio, sinterizadas em 800, 850 e 900 °C. Observa-se a formação de estruturas cristalinas nas três temperaturas de sinterização. Com o aumento da temperatura de sinterização ocorreu a diminuição da intensidade dos picos característicos das estruturas cristalinas zeolita (Z), stilbita (S) e, em menor intensidade, quartzo (Q). Mas aumentou a intensidade da estrutura cristalina isolueshita (I). As estruturas cristalinas, zeolitas e stilbita são aluminos silicados hidratados, sendo que a zeolita apresenta uma grande variedade de cátions em estrutura aberta e a estilbita é composta principalmente dos cátions cálcio e sódio. O quartzo é uma estrutura cristalina do óxido de silício. A estrutura cristalina, isolueshita, é um niobato de sódio,  $\text{NaNbO}_3$ . O niobato de sódio é do grupo perovskita, como o titanato de bário, muito utilizado pelas suas propriedades ferroelétricas.

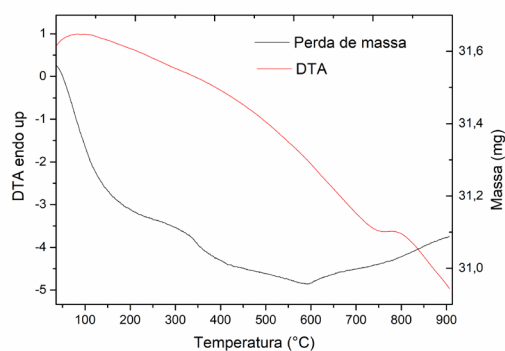


Figura 1: Análise térmica do pó de vidro com 15% de óxido de nióbio.

As dimensões médias dos corpos de provas de cada temperatura de sinterização, apresentados na Tabela 2, mostraram uma diminuição na espessura e no diâmetro com a diminuição da temperatura de sinterização dos CPs. Conseqüentemente, houve um aumento da retração linear do diâmetro, com a diminuição da temperatura de sinterização, como também pode ser observado na Fig. 3.

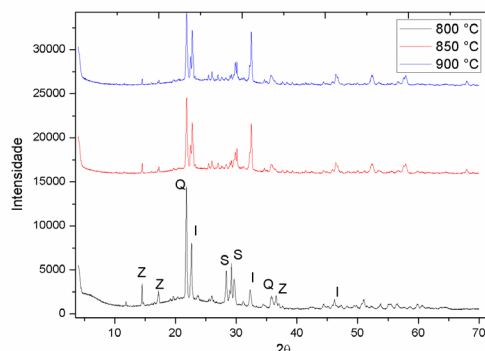


Figura 2: Difração de raios X das peças sinterizadas nas temperaturas de 800, 850 e 900 °C.

Temperatura		Média	Desvio Padrão
900 °C	Espessura (mm)	3,824	0,039
	Diâmetro (mm)	22,314	0,083
	Retração linear (%)	7,1	0,300
850 °C	Espessura (mm)	3,597	0,041
	Diâmetro (mm)	21,933	0,045
	Retração linear	8,7	0,002
800 °C	Espessura (mm)	3,478	0,053
	Diâmetro (mm)	21,814	0,057
	Retração linear (%)	9,2	0,200

Tabela 2 - Resultado da média das dimensões e a retração linear dos corpos de provas de cada temperatura de sinterização.

A Fig. 4 apresenta a média dos resultados obtidos para densidade aparente, absorção de água e porosidade aparente, além dos seus desvios relativos. Percebe-se uma diminuição gradual da densidade aparente com o aumento da temperatura de sinterização. Apesar disso, não ocorre um aumento de absorção de água com o aumento da temperatura de sinterização, sendo notada uma diminuição da absorção. Isso, mesmo contraditório, pode ser explicado devido a vitrificação superficial das peças com o aumento da temperatura, o que dificulta a penetração de água nos poros internos da peça. Também, se observa que a porosidade aparente é maior para as peças sinterizadas nas temperaturas menores, o que justifica a maior absorção de água nas peças mais densas.

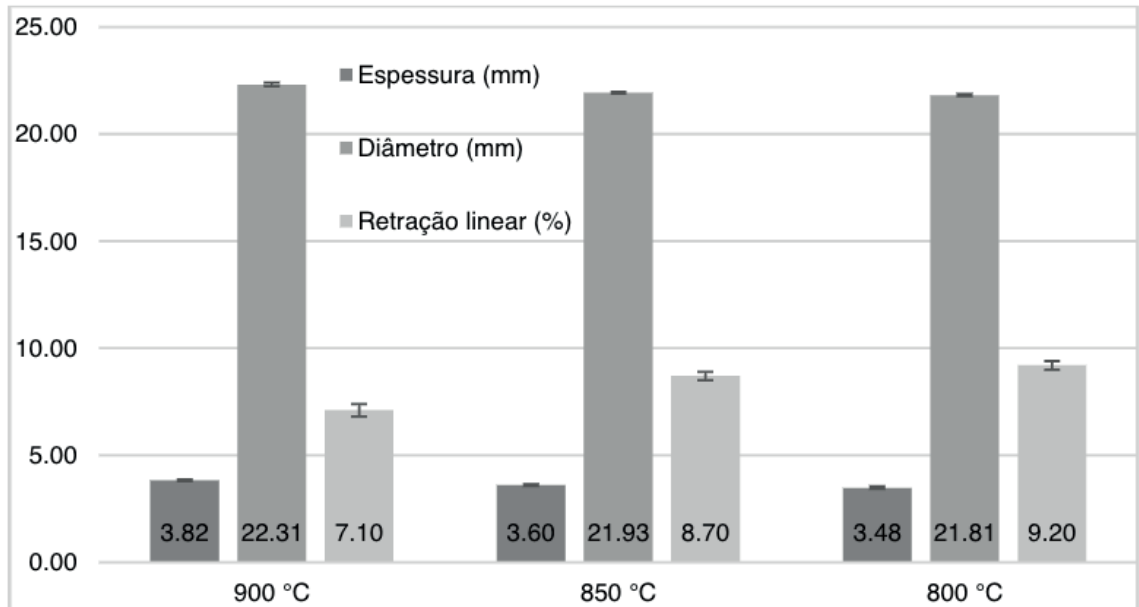


Figura 3 – Dimensões e retração linear.

Como visto na Fig. 3, as maiores dimensões são encontradas nas peças da temperatura de 900 °C, resultado coerente com o obtido para a densidade das mesmas, sendo essas as menos densas, portanto devem ter maior volume.

A densificação de vitrocerâmicas é promovida pelo fluxo viscoso da fase líquida. O aumento da temperatura de sinterização diminui a viscosidade do fluxo, o que acarreta a densificação (Fan & Li, 2013). No entanto, as maiores temperaturas de sinterização adotadas para a produção das vitrocerâmicas favorecem a precipitação dos cristais, o que aumenta a viscosidade do fluxo e conseqüentemente reduz a densidade (Lu, 2016).

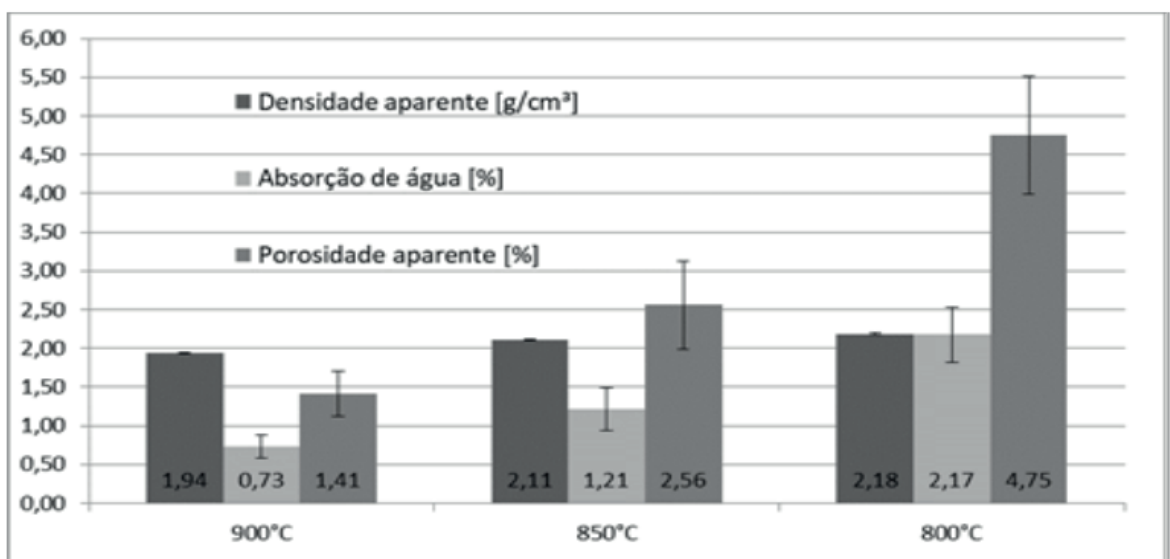


Figura 4 - Densidade aparente, absorção de água e porosidade aparente.

A Tabela 3 apresenta a média dos resultados da microdureza Knoop de três

corpos de prova (CP) de cada temperatura de sinterização e a média por temperatura. A maior dureza, 382,04 *HKn*, ocorreu na maior temperatura de sinterização (900 °C) e menor, 353,78 *HKn*, na temperatura de sinterização intermediária (850 °C). Além disso, a variação de dureza entre as diferentes temperaturas de sinterização foi em torno de 30 *HKn*, já o desvio padrão cresce consideravelmente com o aumento da temperatura. Os trabalhos de Danassollo *et al.*(2007) e de Soldani (2006) mostram uma faixa de dureza Knoop que varia entre 326 a 441 *HKn*, em seus estudos sobre dureza de esmaltes de dentes humanos. Esses resultados são compatíveis com os encontrados para as vitrocerâmicas produzidas com 15% de óxido de nióbio.

Temperatura	CP1	CP2	CP3	Média <i>HKn</i>	Desvio Padrão
900 °C	394,95	372,10	379,08	382,04	11,71
850 °C	369,61	349,19	342,54	353,78	14,10
800 °C	380,39	370,46	383,73	378,19	6,90

Tabela 3 - Dureza Knoop média e desvio padrão.

Algumas imagens geradas pelo microscópio do microdurometro dos CPs ensaiados para medir a dureza Knoop são apresentadas na Fig. 5. Em (a) tem-se o CP da temperatura de sinterização de 900 °C, em (b) o CP de 850 °C e (c) o CP de 800 °C. Por essas imagens, identifica-se a presença de poros e nota-se o aumento deles com a elevação da temperatura de sinterização, o que é coerente com a diminuição da densidade.

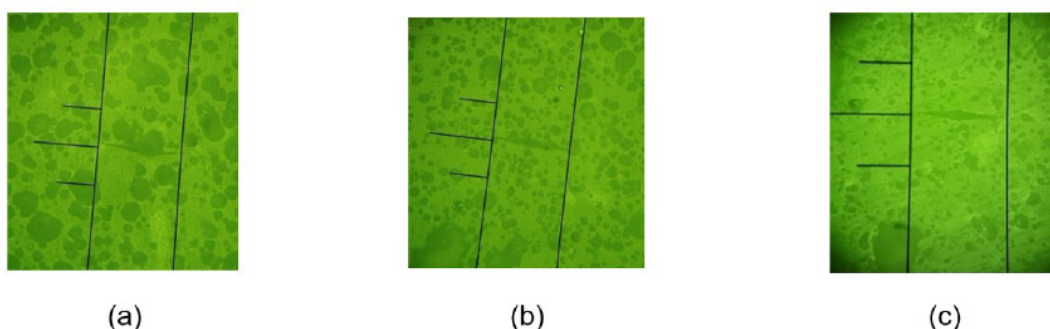


Figura 5: Micrografia ótica obtida após ensaio de dureza Knoop em CP sinterizado. (a) 900 °C, (b) 850 °C, (c) 800 °C.

Temperatura	Média da Resistência à Flexão [MPa]	Desvio Padrão
900 °C	19,38	2,99
850 °C	19,17	2,65
800 °C	21,38	2,68

Tabela 4 - Resistência à Flexão Biaxial.

A resistência à flexão biaxial encontrada para as três condições é apresentada

na Tabela 4. Também é informado o desvio padrão, esse obteve valor baixo nas três condições de sinterização, o que mostra reprodutividade nos resultados da resistência. Já em relação aos resultados das médias da resistência à flexão, percebe-se que o aumento da temperatura de sinterização não contribuiu para o aumento da resistência. Isso pode estar relacionado com o aumento de porosidade proveniente da elevação da temperatura de sinterização.

A fim de analisar o comportamento da dureza e da resistência à flexão em função da densidade da vitrocerâmica, foi plotado um gráfico com as essas três propriedades, mostrado na Fig. 6. Percebe-se que apesar do material se tornar menos denso, ou seja aumentar sua porosidade, isso não contribuiu para a redução da dureza do material. Sendo que sua maior dureza ocorre na menor densidade. Já a resistência à flexão sofre uma queda com a diminuição da densidade, porém a menor resistência ocorre na densidade intermediária.

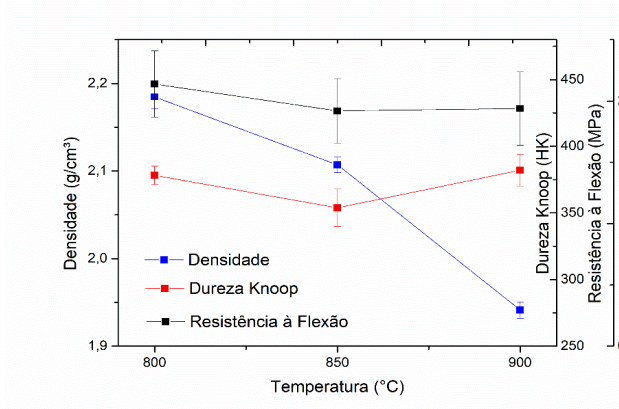


Figura 6: Comparativo dureza, resistência à flexão e densidade.

#### 4 | CONCLUSÃO

As vitrocerâmicas deste trabalho foram produzidas com pó de vidro reciclado de para-brisas, agregando valor a um resíduo sólido. Na presença de 15% de óxido de nióbio e em temperaturas de sinterização acima de 800 °C, o vidro proveniente de para-brisas é capaz de cristalizar, como de formar niobato de sódio, constituinte de materiais com propriedades piezoelétricas. A difração de raios x revelou que com o aumento da temperatura, a fase cristalina de niobato de sódio torna-se mais presente. Por outro lado, o aumento da temperatura de sinterização, diminui a densidade do material produzido, passando de 2,18 g/cm<sup>3</sup> para 1,94 g/cm<sup>3</sup>, além de aumentar a absorção de água. A resistência à flexão também diminui, mas a dureza das vitrocerâmicas é melhorada em 900 °C. Assim, o aumento da temperatura de sinterização acarreta aumento de cristalinidade, o que revela possibilidade de aplicação piezolétrica. Além disso, as perdas de resistência ocorridas não foram significativas e a dureza do material foi melhorada.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento CAPES e a FAPERJ pela concessão das bolsas.

## REFERÊNCIAS

- ASTM, C. 1499-05. **Standard test method for monotonic equibiaxial flexural strength of advanced ceramics at ambient temperature**. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2005.
- ASTM C1326-13. **Standard test method for Knoop indentation hardness of advanced ceramics**. Annual Book of ASTM Standards, 2013.
- AZEVEDO, LMS. **Síntese do niobato de sódio a partir do óxido de nióbio e do nióbio metálico. 2010.85 f. 2010**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado).—Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.
- CASTRO, Daniel E. **Reciclagem e sustentabilidade na indústria automobilística**. Belo Horizonte, [sn], 2012.
- COLLINI, Luca; CARFAGNI, Gianni Royer. **Flexural strength of glass–ceramic for structural applications**. Journal of the European Ceramic Society, v. 34, n. 11, p. 2675-2685, 2014.
- DONASSOLLO, Tiago Aurélio et al. **Avaliação da microdureza superficial do esmalte e da dentina de dentes bovinos e humanos (permanentes e decíduos)**. Rev. odonto ciênc, v. 22, n. 58, p. 311-316, 2007.
- FAN, Chen-Shiuan; LI, Kung-Cheh. **Production of insulating glass ceramics from thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) waste glass and calcium fluoride sludge**. Journal of cleaner production, v. 57, p. 335-341, 2013.
- L. E. I. N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato200](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato200), p. 7-2010.
- LU, Jinshan et al. **Effect of sintering additives on the densification, crystallization and flexural strength of sintered glass-ceramics from waste granite powder**. Materials Chemistry and Physics, v. 216, p. 1-7, 2018.
- LU, Jinshan; CONG, Xinquan; LU, Zhangyang. **Influence of magnesia on sinter-crystallization, phase composition and flexural strength of sintered glass-ceramics from waste materials**. Materials Chemistry and Physics, v. 174, p. 143-149, 2016.
- MAYYAS, Mohannad et al. **Preliminary investigation on the thermal conversion of automotive shredder residue into value-added products: graphitic carbon and nano-ceramics**. Waste management, v. 50, p. 173-183, 2016.
- MUKHERJEE, Debasis Pradip; DAS, Sudip Kumar. **The influence of TiO<sub>2</sub> content on the properties of glass ceramics: Crystallization, microstructure and hardness**. Ceramics International, v. 40, n. 3, p. 4127-4134, 2014.
- NBR16661. **Materiais refratários densos conformados - Determinação do volume aparente, volume aparente da parte sólida, densidade de massa aparente, densidade aparente da parte sólida, porosidade aparente e absorção**. ABNT, 2017.



O Globo. **Frota brasileira de veículos cresce 1,2% em 2017, diz Sindipecas**. Disponível em: <https://g1.globo.com/carros/noticia/frota-brasileira-de-veiculos-cresce-12-em-2017-diz-sindipecas.ghtml>. Acessado em: 20 de setembro de 2018.

SOLDANI, Paula. **Alterações na microdureza do esmalte dental humano tratado in vitro e in situ com diferentes sistemas clareadores e espessantes**. 2006.

WANG, Xin et al. **Preparation and characterization of SO<sub>3</sub>-doped barium borosilicate glass-ceramics containing zirconolite and barite phases**. *Ceramics International*, v. 43, n. 1, p. 534-539, 2017.

ZANOTTO, Edgar Dutra. **Bright future for glass-ceramics**. *American Ceramics Society Bulletin*, v. 89, n. 8, p. 19-27, 2010.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: [cleber\\_frs@yahoo.com.br](mailto:cleber_frs@yahoo.com.br)) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186  
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261  
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9  
Análise sensorial 45, 46, 56

### B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173  
Biofilmes 4  
Biomateriais 92  
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

### C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140  
Carbono cristalizado 114

### D

Dejetos de suínos 112

### G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195  
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

### H

Homologia simplicial 239

### I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

### M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369  
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

### N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

## O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

## P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

## Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

## R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

## S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

## T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

## V

Variabilidade climática 142

## W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-642-3

